

University of Groningen

On the theory of muon capture in nuclei

Rood, Henricus Petrus Christiaan

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1964

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Rood, H. P. C. (1964). *On the theory of muon capture in nuclei*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SUMMARY

In this thesis we study some topics in the theory of muon capture which may provide us with information about the coupling constants for this process.

In chapter I various nuclear models and methods of calculation of total muon capture rates by complex nuclei are compared. Calculations with a simple shell model are made with and without the use of the closure approximation. Numerical results for ^{16}O and ^{40}Ca are given and compared with experiment. It turns out that the values obtained in this way for the coupling constants for ^{16}O and ^{40}Ca agree with each other within 10% but are about 50% lower than the value required according to a Universal Fermi Interaction. A discussion is given of the work of Foldy and Walecka who succeeded to improve theory such as to obtain a reasonable agreement with experiment and the Universal Fermi Interaction (making use of other nuclear data). The accuracy of this fit may be of the order of 25%.

In chapter II various quantities, in particular the photon spectrum and total rate, for radiative muon capture by complex nuclei are studied with the purpose of obtaining information on the coupling constants. Diagrams with muon and nucleon radiating as well as some diagrams for the induced couplings are taken into account. Comparisons were made for several approximations and models, including a statistical model and harmonic oscillator wave functions. It is shown that the photon spectrum and the total radiative capture rate are only slightly dependent on the nuclear model, if one considers the ratio to the normal capture rate. It is shown that radiative muon capture by nuclei depends strongly on the induced pseudoscalar interaction, just as for the free proton case, but that the numerical results for nuclei and the free proton differ considerably. However, the fact that the results for radiative capture depend only slightly on the nuclear model makes that experiments on radiative muon capture seem to be a good method to determine the pseudoscalar interaction. Theoretical results are also derived for the circular polarization of photons emitted in radiative muon capture and for the directional distribution of the photons after capture of polarized muons. The results are presented in the form of general formulae and are evaluated numerically for a series of typical cases. The nuclei ^{40}Ca and ^{16}O are considered in particular.

In chapter III we calculate the partial muon capture rates in ^{16}O to the lowest bound states of ^{16}N . The $0^+ \rightarrow 0^-$ rate is found to depend strongly on the induced pseudoscalar coupling constant. We include the nucleon velocity terms in the effective Hamiltonian for muon capture. The wave functions for the considered states in ^{16}N are almost pure jj -coupling wave functions, but it appears that the relatively small admixtures, which are expected, have a large influence on the results for the transition matrix elements. Because of the uncertainties of the admixture coefficients for the wave functions and the existing discrepancy between two experimental results, no reliable conclusions on the weak interaction coupling constants can be obtained at present.

Chapter IV contains a concise survey of the present status of our knowledge concerning the muon capture interaction. We briefly consider the information which is (or may be) obtained from other experiments on muon capture. It is concluded that further precise measurements and improvements in the theory are very desirable for a good quantitative determination of the fundamental coupling constants in muon capture. Topics, on which further research is desirable, are mentioned.

SAMENVATTING

In dit proefschrift bestuderen we enige onderwerpen uit de theorie van de muonvangst. We onderzoeken welke inlichtingen zij ons kunnen geven over de koppelingskonstanten voor dit proces.

In hoofdstuk I wordt de invloed van verschillende methoden van berekening op de totale waarschijnlijkheden voor muonvangst in kernen beschouwd. De berekeningen worden gemaakt met en zonder gebruik van de "volledigheids benadering". Numerieke resultaten worden gegeven voor de kernen ^{16}O en ^{40}Ca en vergeleken met het experiment. Het blijkt dat de aldus verkregen waarden voor de koppelingskonstante voor ^{16}O en ^{40}Ca binnen 10% met elkaar overeenkomen, maar dat ze ongeveer de helft zijn van de waarde die volgt uit de theorie van de Universele Fermi Interaktie. We discussiëren de resultaten die verkregen zijn door Foldy en Walecka. Door gebruik te maken van andere experimentele gegevens voor de kernen ^{16}O en ^{40}Ca slaagden zij er in de diskrepancie tussen theorie en experiment op te heffen. De nauwkeurigheid in het resultaat voor de koppelingskonstante kan worden geschat op ongeveer 25%.

In hoofdstuk II bestuderen we verschillende grootheden, in het bijzonder het spectrum van de fotonen en de totale waarschijnlijkheid voor muonvangst met straling door complexe kernen. Diagrammen, waarin muon en nucleon fotonen uitzenden, evenals speciale diagrammen voor de geïnduceerde koppelingen, worden in rekening gebracht. We vergelijken verschillende benaderingen en modellen, inclusief een statistisch model en het harmonisch oscillator schillenmodel. Als we hun verhouding tot de gewone vangstwaarschijnlijkheid nemen, hangen spectrum en totale waarschijnlijkheid voor stralingsvangst slechts in geringe mate af van het kernmodel. Evenals voor het proton, hangt de stralingsvangst door kernen sterk af van de pseudoskalaire interactie, hoewel de numerieke resultaten voor beide gevallen aanzienlijk verschillen. Omdat de afhankelijkheid van het kernmodel slechts gering is, mag verwachten dat de meting van stralingsvangst door kernen een goede manier is om de grootte van de pseudoskalaire interactie te bepalen. We geven ook de berekening van de cirkulaire polarizatie en van de hoekverdeling van de fotonen na vangst van gepolariseerde muonen. De resultaten worden gegeven in de vorm van algemene formules. We werken deze formules numeriek uit voor de kernen ^{16}O en ^{40}Ca .

In hoofdstuk III berekenen we de waarschijnlijkheden voor de partiële muonvangst naar de laagste gebonden toestanden in ^{16}N . De $0^+ \rightarrow 0^-$ waarschijnlijkheid hangt sterk af van de geïnduceerde pseudoskalaire koppelingskonstante. We nemen ook de snelheidstermen in de effectieve Hamiltoniaan mee. De beschouwde toestanden in ^{16}N kunnen worden beschreven door bijna zuivere jj-koppelingen golfkunties, maar het blijkt dat de verwachte relatief kleine bijmengingen in de golfkunties van grote invloed zijn op de resultaten voor de matrixelementen. Vanwege de onzekerheid in de coëfficiënten voor deze bijmengingen in de golfkunties en de verschillen in de experimentele resultaten kunnen op het ogenblik geen betrouwbare inlichtingen over de koppelingskonstanten verkregen worden.

Hoofdstuk IV geeft een beknopt overzicht van de stand van zaken

betreffende de huidige kennis van de interactie voor muonvangst. We beschouwen in kort bestek de informatie die is (of kan worden) verkregen uit andere experimenten betreffende de muonvangst. Naderenauwkeurige metingen en verbeteringen in de theorie zijn vereist voor een juiste kwantitatieve bepaling van de koppelingskonstanten in muonvangst. We vermelden een aantal gevallen waarvoor nader onderzoek gewenst is.

4975
—
1964